

# Étude et réalisation d'un faisceau de positons lents

## Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de positons lents
- III. Conversion positon/positronium

# Conventions

## Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$

Notations propre au domaine des positons de basse énergie :

jargon	signification
$e^+$	positon
$e^-$	électron
Ps	positronium
$\bar{X}$	anti-X (X=p, H...)
$\bar{H}^+$	anti-ion $H^-$
eV	électron-volt ( $=1.6e^{-19}$ J)
modération	forte réduction d'énergie par interaction dans la matière
MCP	Galette multi-canaux

irfu



saclay

# Objectif Scientifique

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



Test **direct** du principe d'équivalence :

L'accélération conférée à un corps par un champ gravitationnel est indépendante de la nature du corps

*Masse inertielle = Masse gravitationnelle*

i r f u

cea

saclay

# Objectif Scientifique

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$

Modèle : Newton !



$$\Sigma(\vec{F}) = m\vec{g}$$

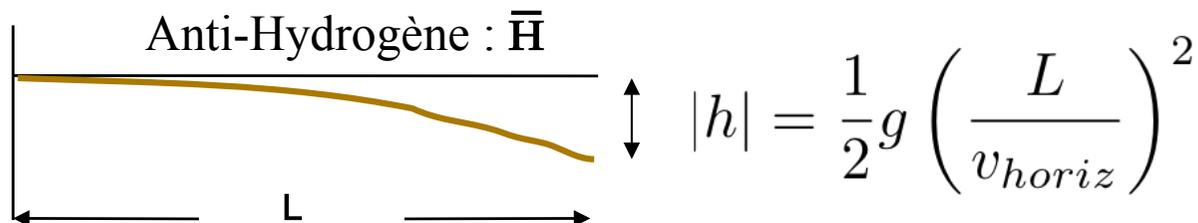
$$z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + z_0$$



irfu

cea

saclay

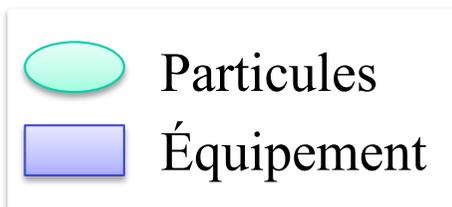


Chute libre : vol parabolique

# Principe de la manip

Conventions

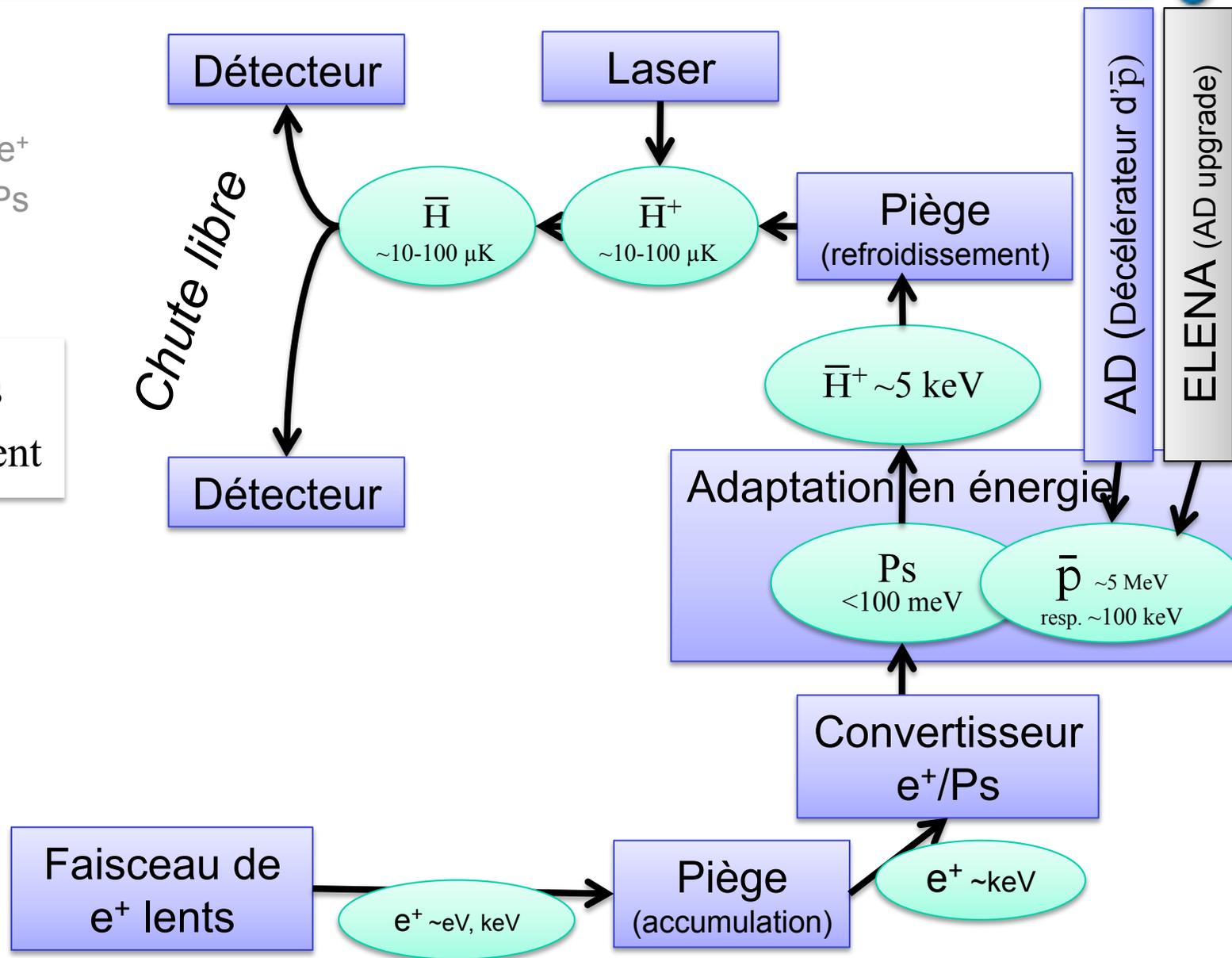
- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



irfu

cea

saclay



# État d'avancement

## Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$

Études satisfaisantes sur  
Le taux de conversion du Ps  
Résultats connus pour  
Le taux de modération  
Le flux d' $\bar{p}$

Études en cours sur  
Faisceau de  $e^+$  lents  
L'efficacité de stockage des  $e^+$   
Cible dense de Ps

Études futures sur  
Refroidissement du  $\bar{H}^+$   
Éjection laser du  $e^+$  restant

i r f u

cea

saclay

---

## Conventions

I. Le projet Gbar

**II. Le faisceau de positons lents**

III. Conversion positon/positronium

i r f u

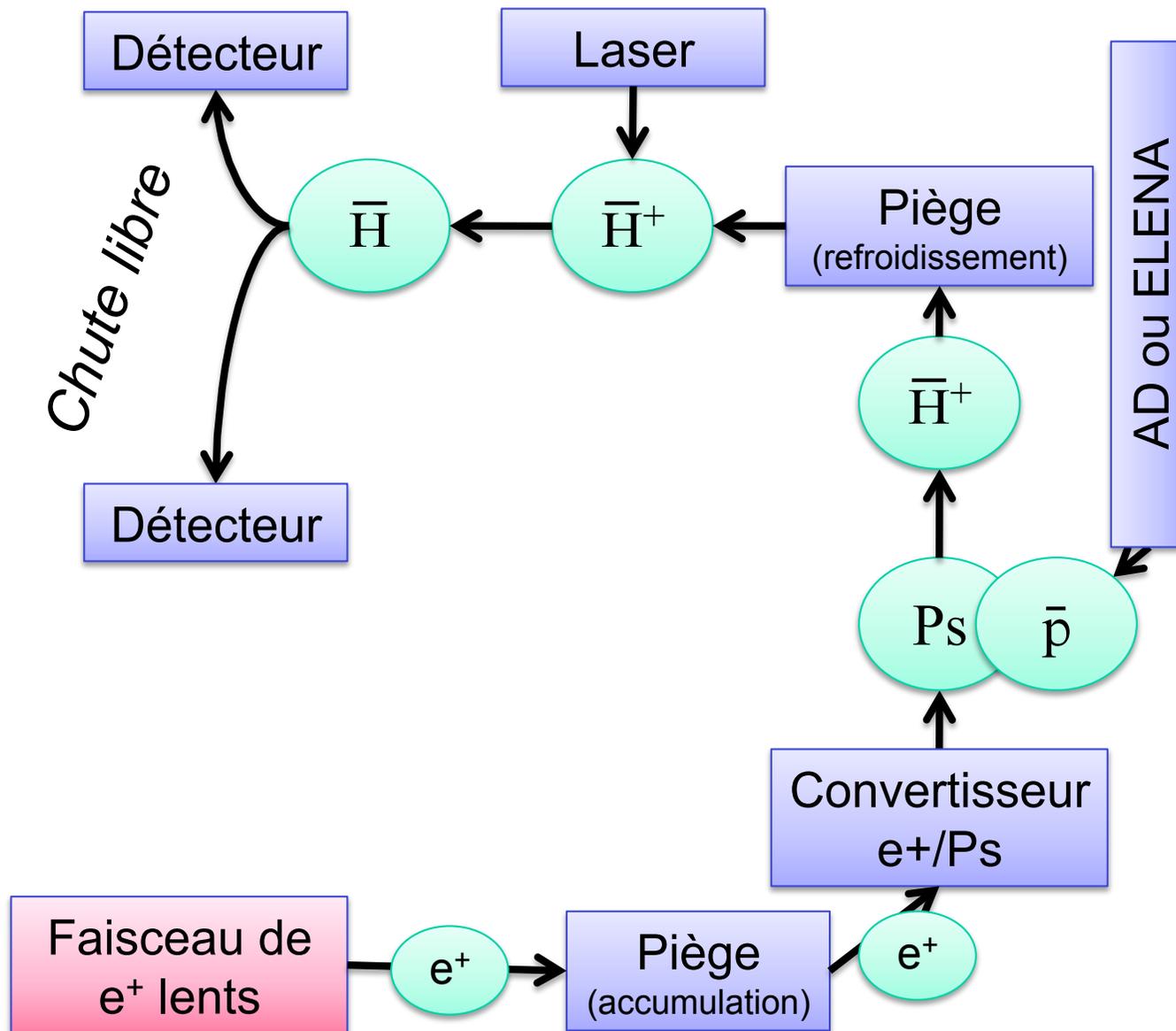
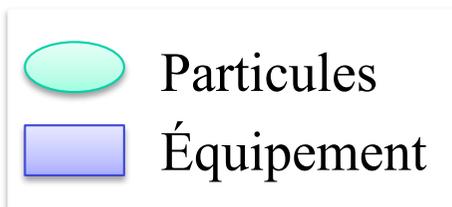
cea

saclay

# Le faisceau de positons lents

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



irfu

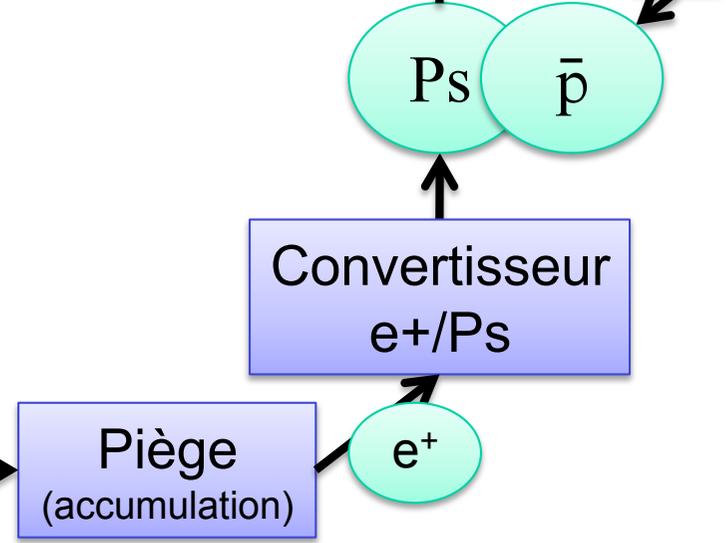
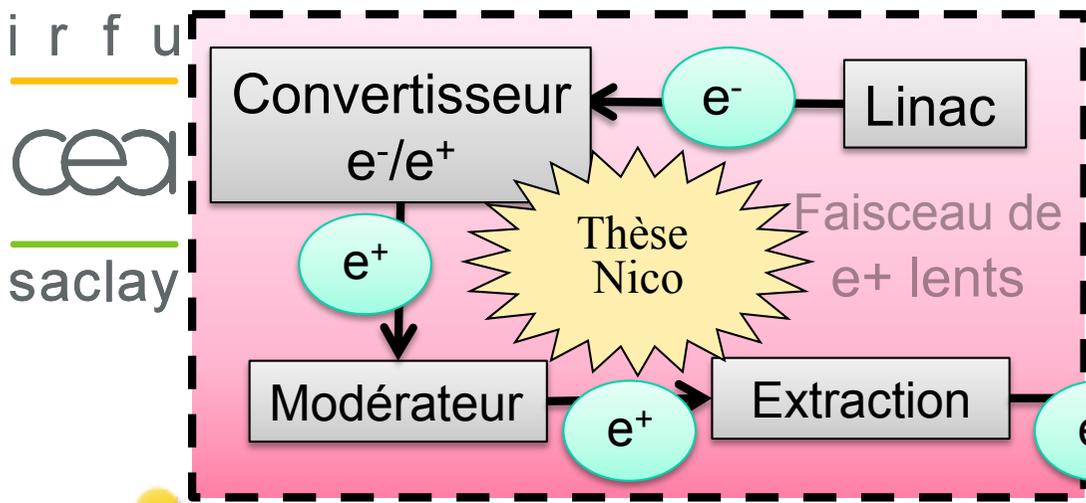
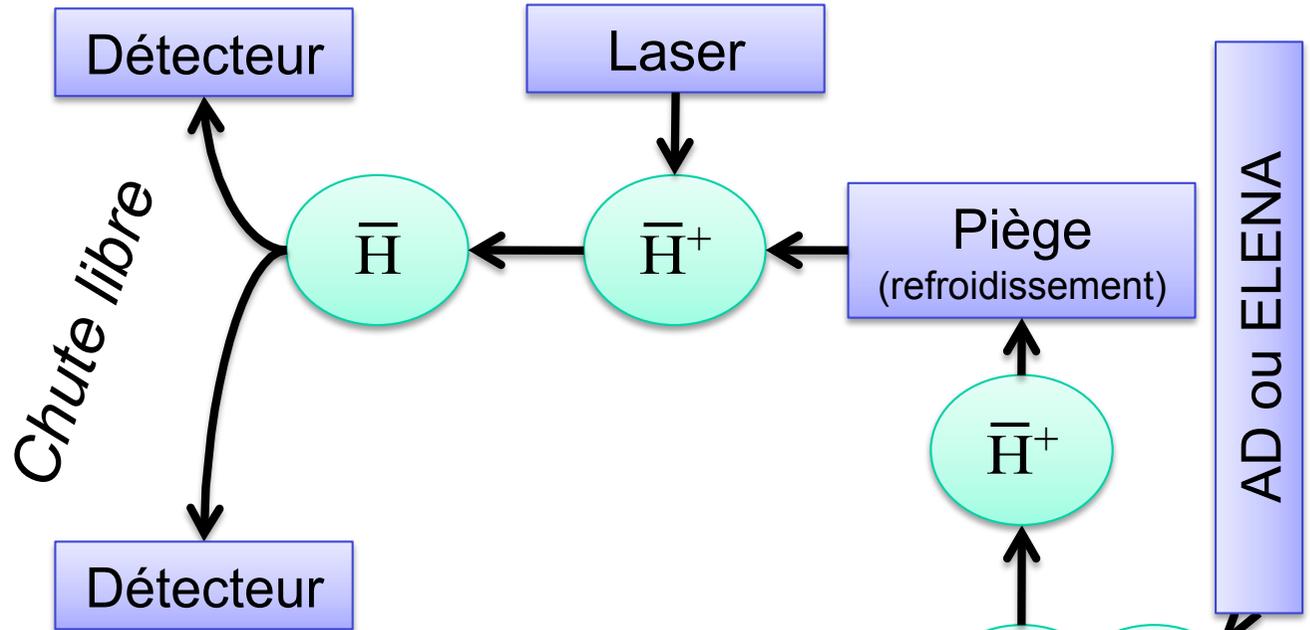
cea

saclay

# Le faisceau de positons lents

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



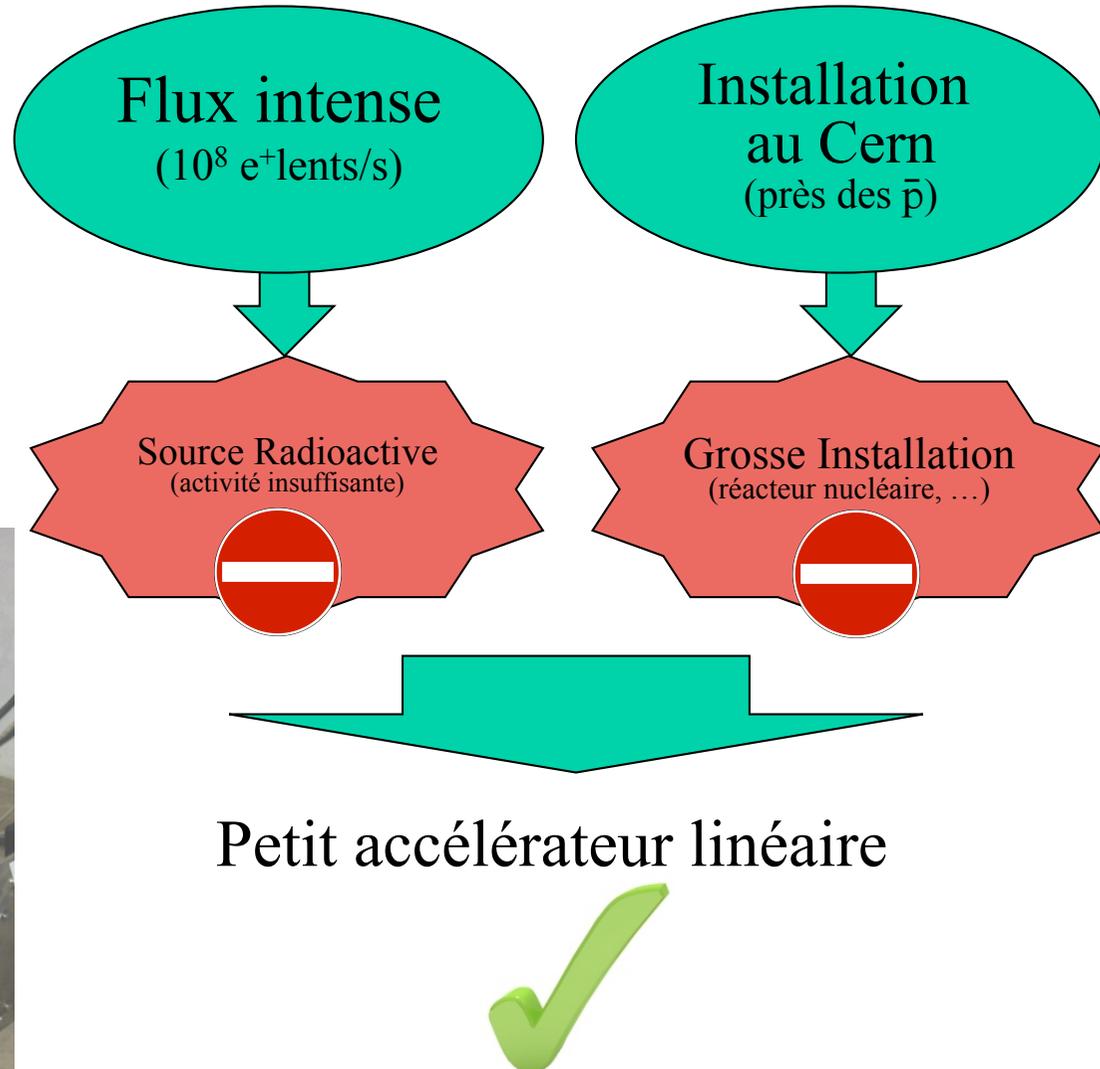
# Le faisceau de positons lents à Saclay

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



irfu  
cea  
saclay



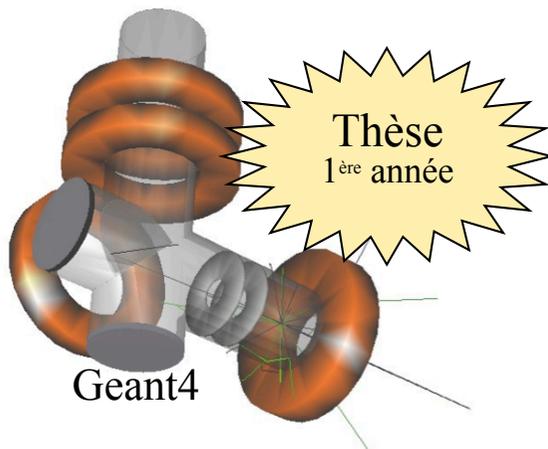
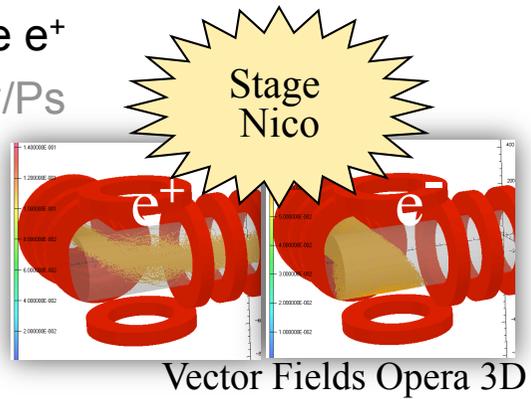
# Le faisceau de positons lents à Saclay

Conventions

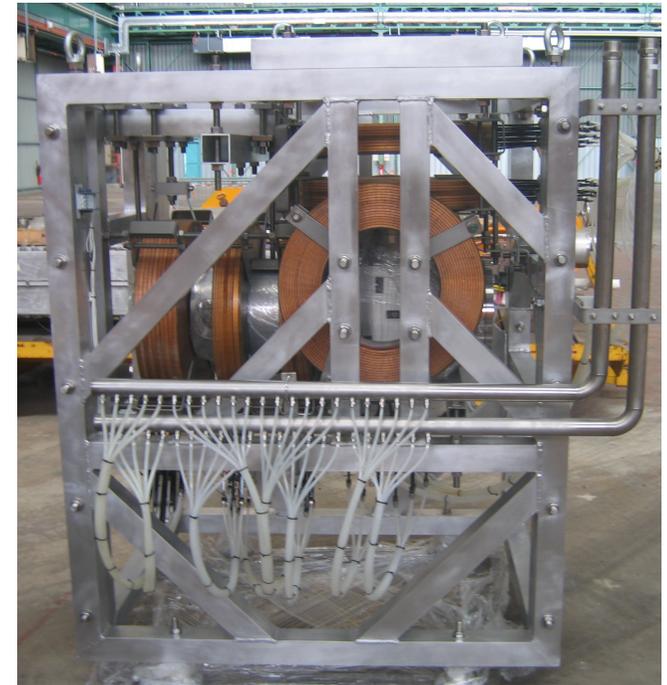
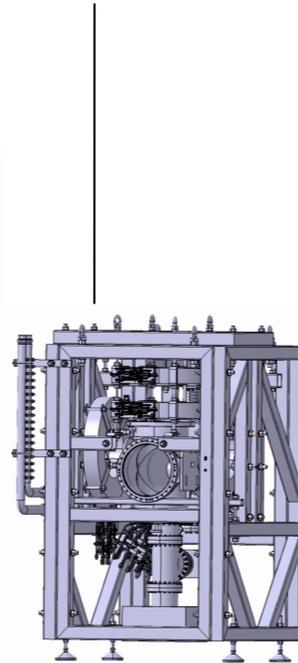
I. Le projet Gbar

II. Le faisceau de  $e^+$

III. Conversion  $e^+/Ps$



Simulations



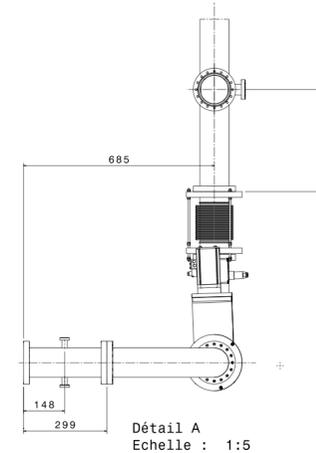
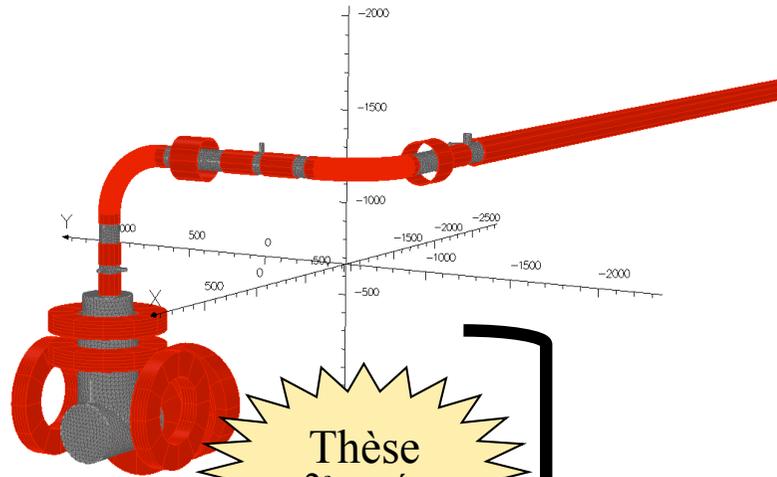
Réalité

irfu  
cea  
saclay

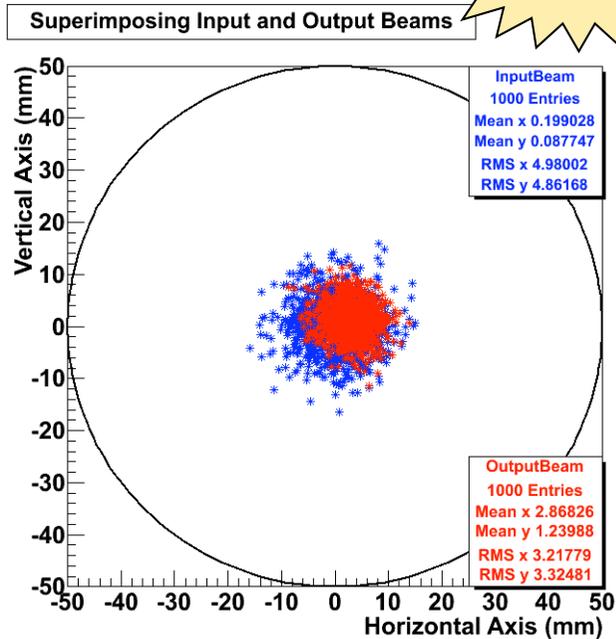
# Le faisceau de positons lents à Saclay

Conventions

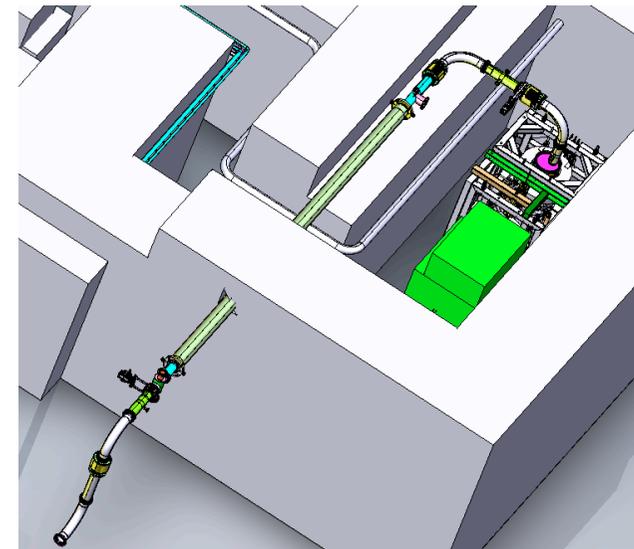
- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



Thèse  
2<sup>e</sup> année



irfu  
cea  
saclay

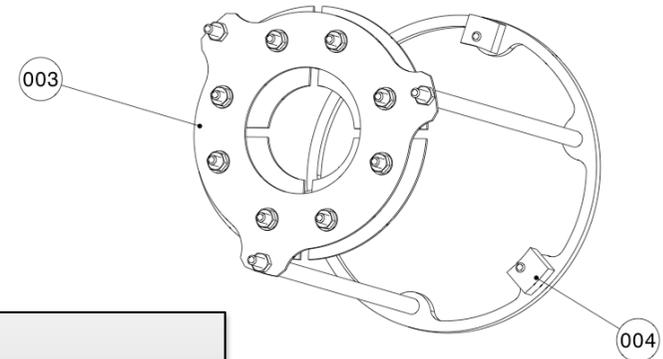
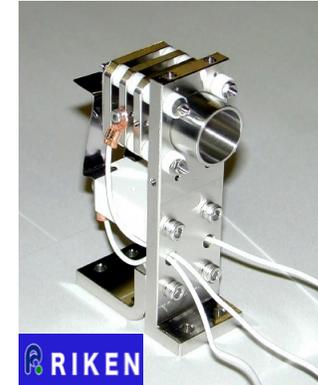
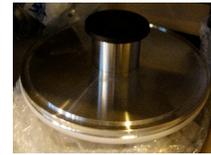


# Montage, Mesure

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$

Thèse  
3<sup>e</sup> année



irfu  
cea  
saclay

Objectifs :

1. Mesure du flux de  $e^+$  lents
2. Mesure physique ?

# Montage, Mesure



Le bon expérimentateur  
est créatif



# Montage, Mesure



i r f u  
cea  
saclay

---

## Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de positons lents
- III. Conversion positon/positronium**

i r f u

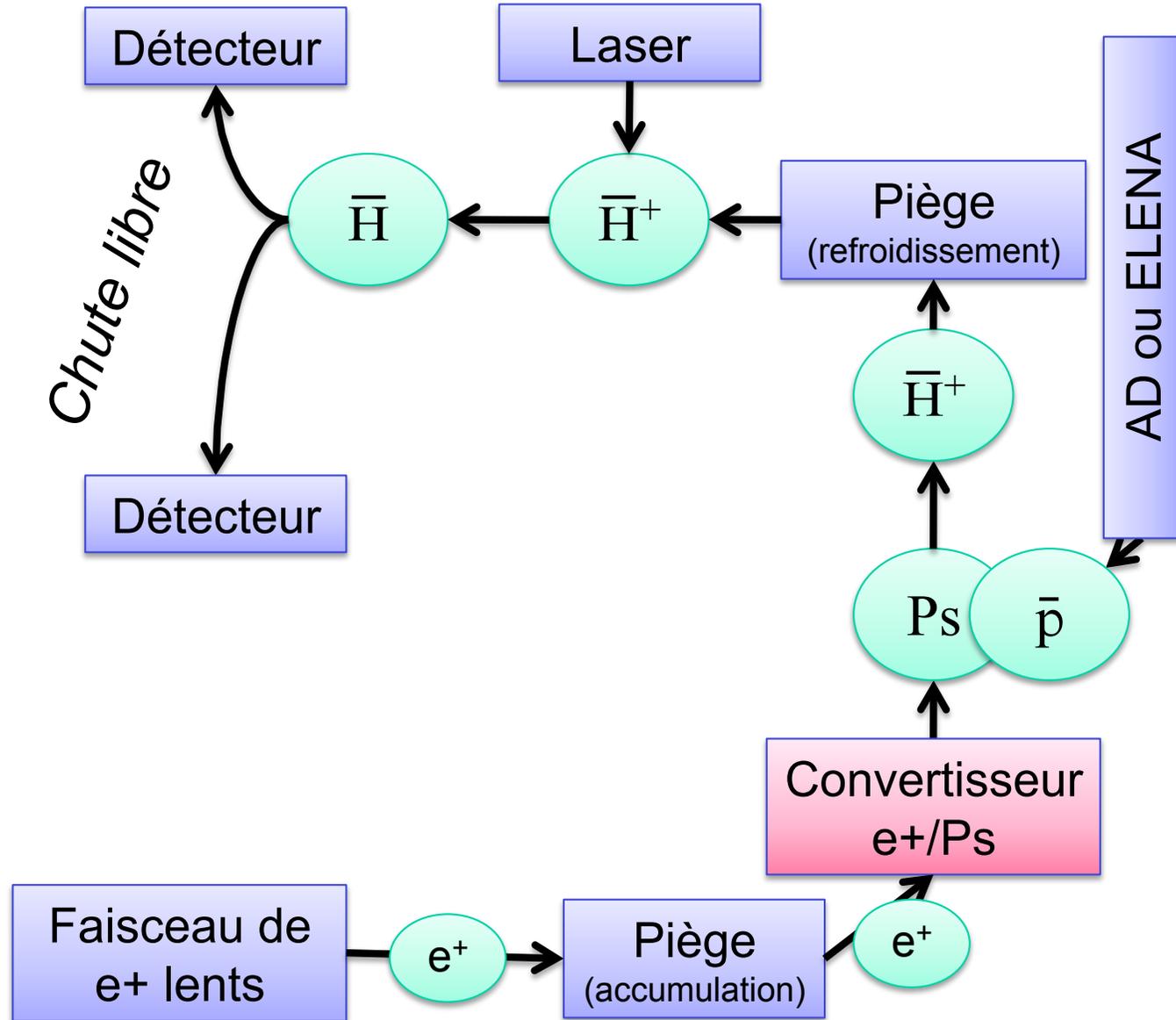
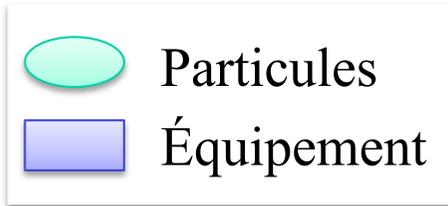
cea

saclay

# Conversion e+ / Ps

Conventions

- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de e<sup>+</sup>
- III. Conversion e<sup>+</sup>/Ps



irfu

cea

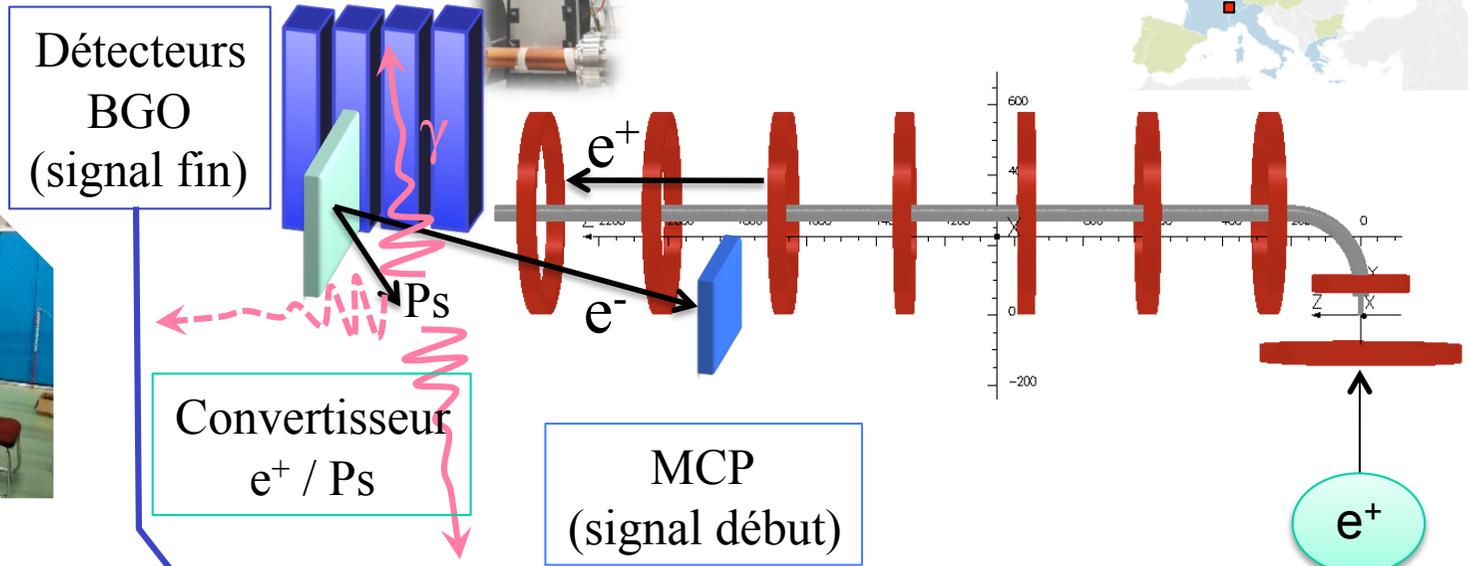
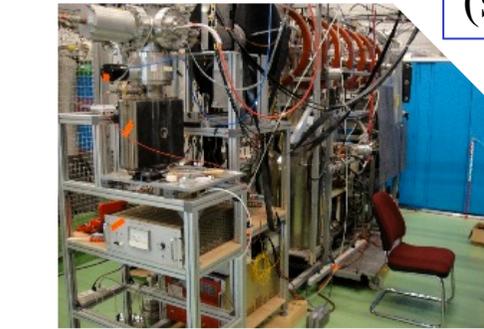
saclay

# Faisceau de test du convertisseur (Cern)

## Mesure du temps de vie du Ps

Conventions

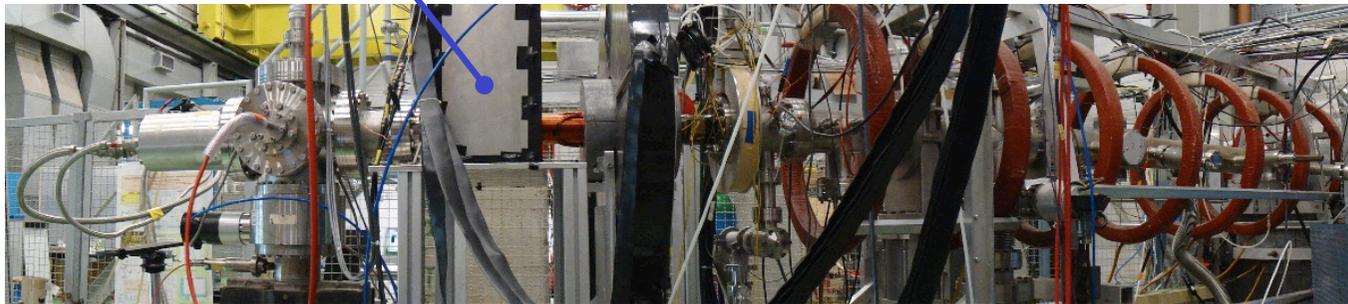
- I. Le projet Gbar
- II. Le faisceau de  $e^+$
- III. Conversion  $e^+/Ps$



irfu

cea

saclay



Source  $^{22}\text{Na}$

ETH ZÜRICH

# Faisceau de test du convertisseur

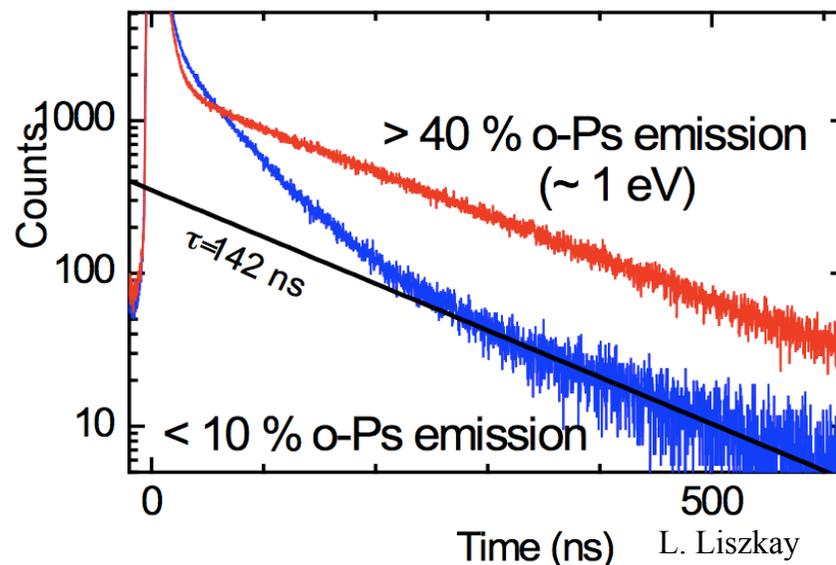
Conventions

I. Le projet Gbar

II. Le faisceau de  $e^+$

III. Conversion  $e^+/Ps$

1) Mesure d'un spectre de temps de vie du positronium :



Info sur le taux d'ortho-Ps (recherché)

irfu

cea

saclay

2) Mesure d'un spectre de temps de vol (distance constante)



Info sur l'énergie de réémission

Ce type de mesure pourra être réalisé à Saclay à haut flux une fois le faisceau mis en place



# Conclusion

En ce moment :

1. Montage à Saclay
2. Mesures au Cern

Objectifs :

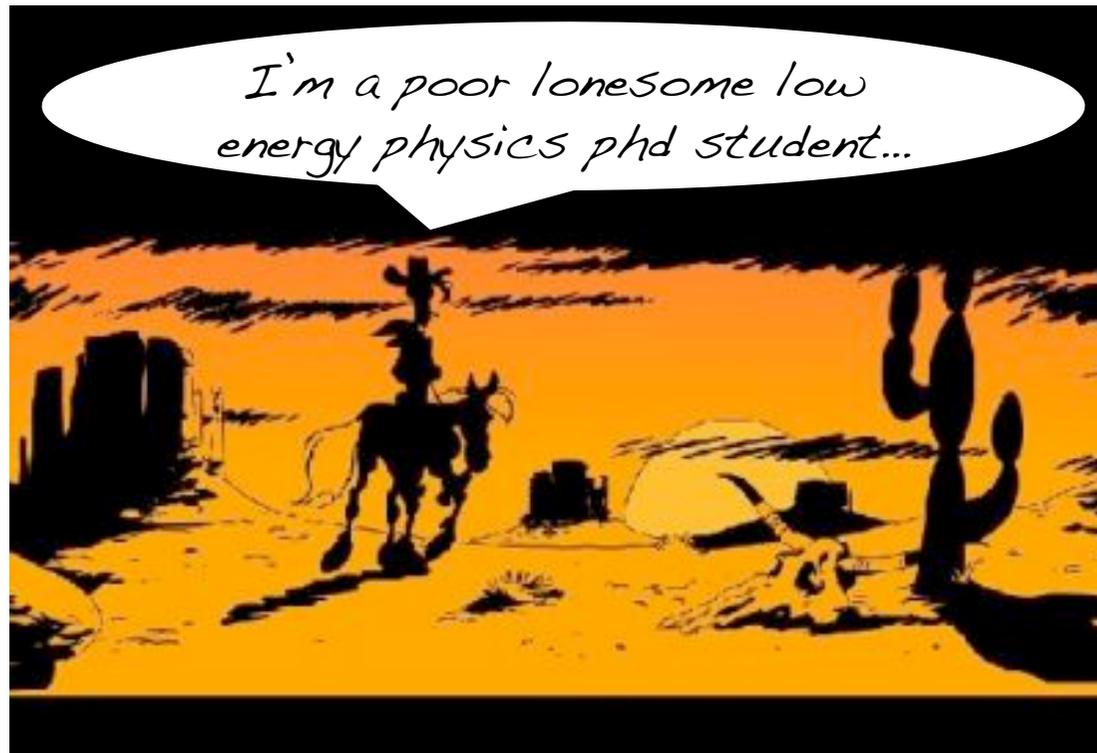
1. Obtenir un flux de positons 100 fois supérieur aux sources radioactives
2. Démarrer les mesures physiques avec le faisceau de Saclay

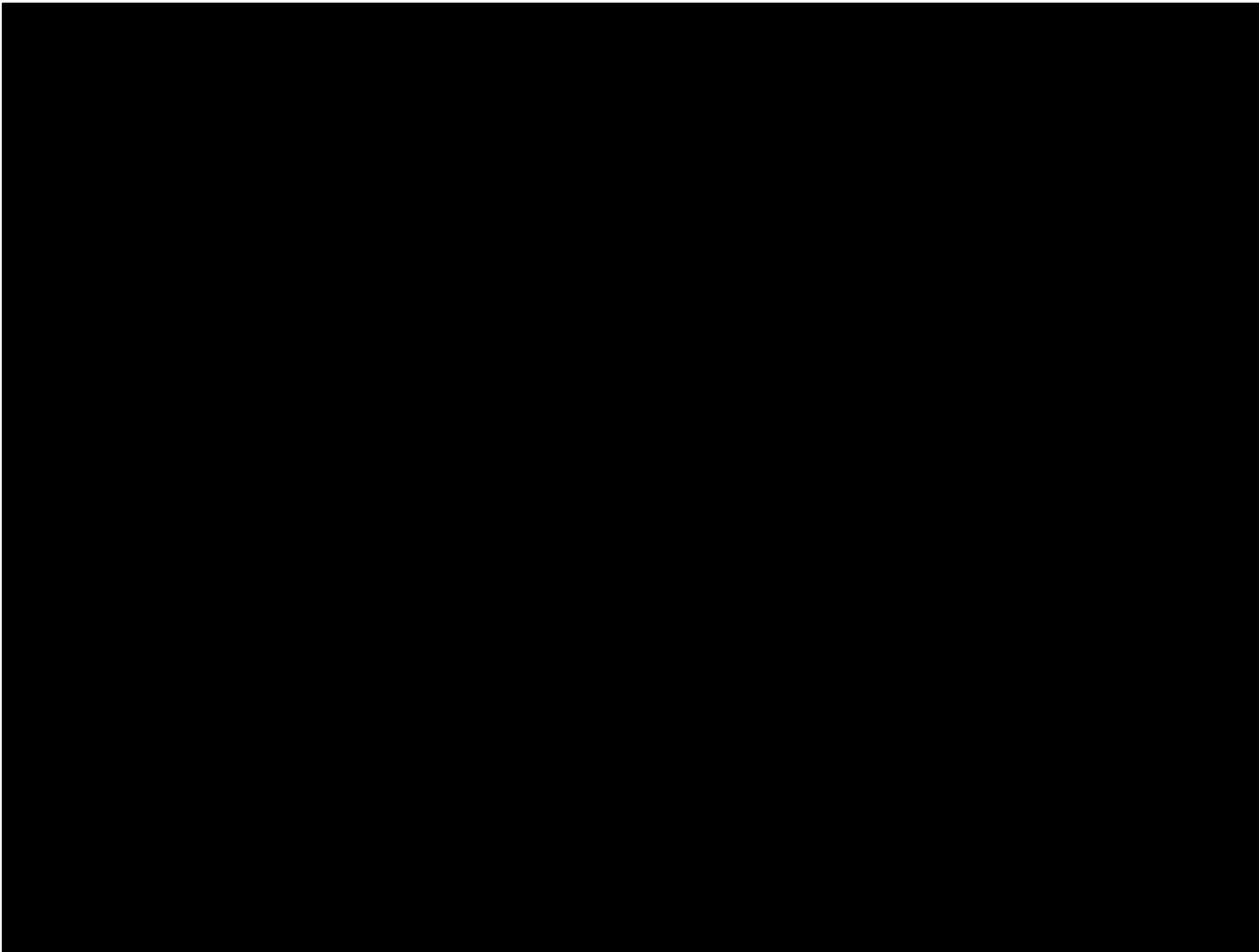
i r f u

cea

saclay

Merci pour votre attention !





# Back up Slides

Cern setup  
Efficiencies  
Obtention  $\bar{H}^+$   
références pour l'anti gravité

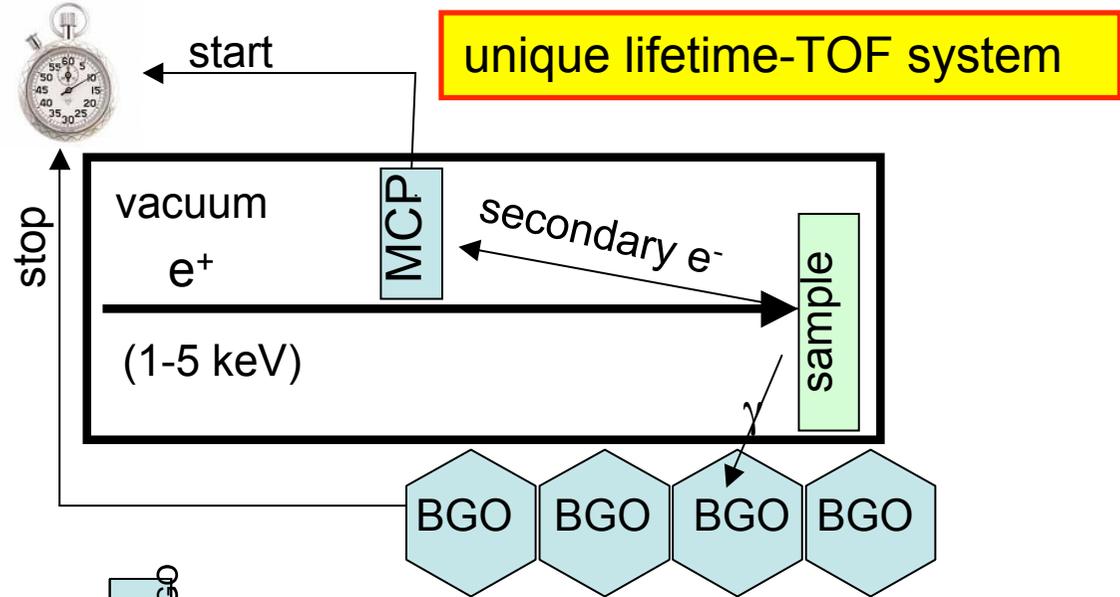
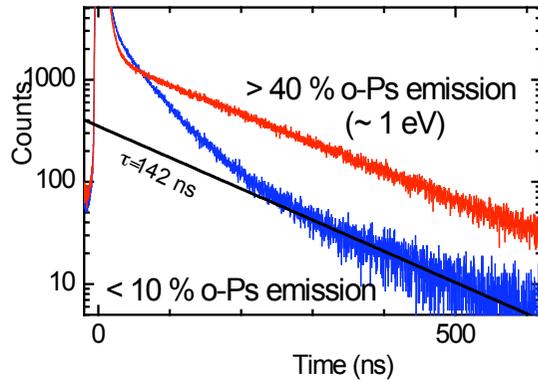
i r f u

cea

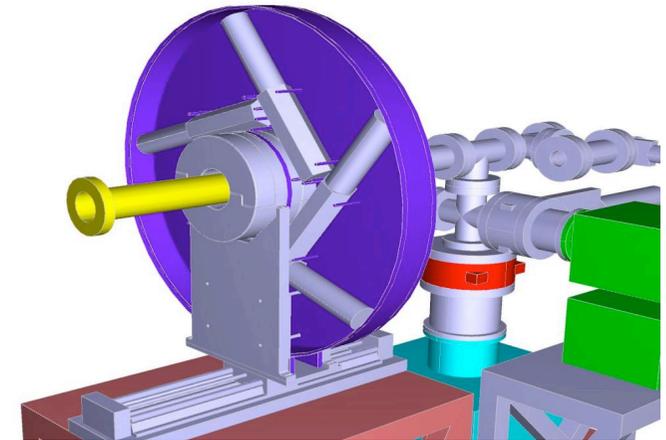
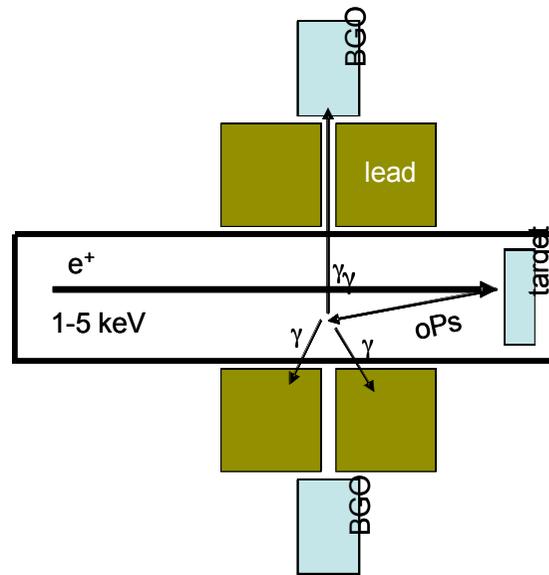
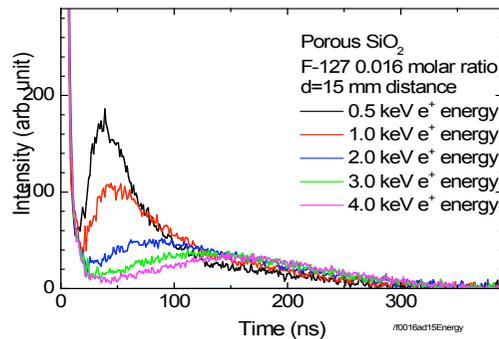
saclay

# The CEA/IRFU-ETHZ slow positron beam-based positronium spectrometer at CERN

ortho-positronium lifetime spectrometer  
(precise detection of emitted o-Ps)



ortho-positronium time-of-flight (TOF) spectrometer



Courtesy of László Liszkay

# Efficiencies

<b>Electrons</b>						
Linac frequency (Hz)	I <sub>e-</sub> (mA)	I <sub>e-</sub> /pulse (mA)	pulse length (s)	Ne <sup>-</sup> / pulse	Ne <sup>-</sup> (s <sup>-1</sup> )	
200	1.40E-01	1.75E+02	4.00E-06	4.38E+12	8.75E+14	
<b>Positrons</b>						
ε (e <sup>-</sup> → e <sup>+</sup> )	ε (transport)	ε (moderation)	Ne+fast / pulse	Ne+ fast (s <sup>-1</sup> )	Ne+ slow / pulse	Ne+ slow (s <sup>-1</sup> )
1.50E-04	0.8	1.00E-03	5.25E+08	1.05E+11	5.25E+05	1.05E+08
<b>Positron Storage</b>						
ε (trapping)	accum. time (s)	Ne+ stored				
0.2	1200	2.52E+10				
<b>Positronium</b>						
ε (e <sup>+</sup> → Ps)	volume tube (cm <sup>3</sup> )	Ps density (cm <sup>-2</sup> )	ε (excitation)			
0.35	0.01	8.82E+11	10			
<b><math>\bar{H}</math></b>						
N $\bar{p}$ / pulse	σ( $\bar{p}$ +Ps → $\bar{H}$ )	σ( $\bar{H}$ +Ps → $\bar{H}^+$ )	N $\bar{H}$	<b>N<math>\bar{H}^+</math></b>		
1.00E+07	1.00E-15	1.00E-16	8.82E+04	<b>7.78E+00</b>		

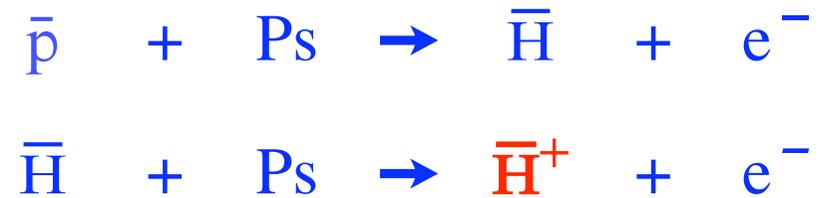
↑  
every 20 minutes pulse

# Antihydrogen ion formation

Standard production



$\bar{H}^+$  Formation



irfu

cea

saclay

# références pour l'anti gravité

79

Scherk

91

Nieto

Goldman

97

Chardin